

09. 4. 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年10月23日

出願番号  
Application Number: 特願2003-363460  
[ST. 10/C]: [JP 2003-363460]

出願人  
Applicant(s): 大見 忠弘

REC'D 03 JUN 2004

WIPO

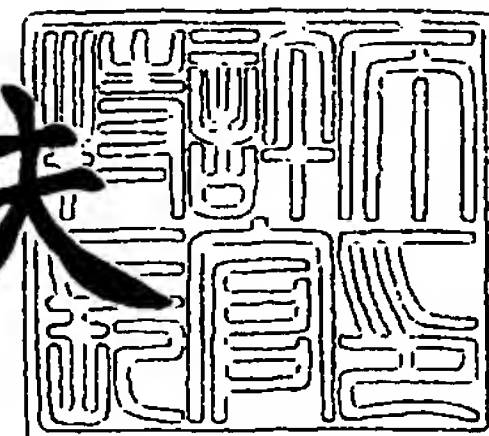
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月21日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 M-1191  
【提出日】 平成15年10月23日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G03F 7/20  
【発明者】  
    【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 - 1 - 1 7 - 3 0 1  
    【氏名】 大見 忠弘  
【発明者】  
    【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内元支倉 3 5 - 2 - 1 0 2  
    【氏名】 須川 成利  
【発明者】  
    【住所又は居所】 福島県郡山市緑ヶ丘東六丁目 1 2 - 8  
    【氏名】 柳田 公雄  
【発明者】  
    【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内三十人町 5 - 8 7 ドミール青葉山 2 0  
    【氏名】 武久 究  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000205041  
    【氏名又は名称】 大見 忠弘  
【代理人】  
    【識別番号】 100071272  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 後藤 洋介  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100077838  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 池田 憲保  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 012416  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0303948

## 【書類名】 特許請求の範囲

## 【請求項 1】

マスクを描画するために、前記マスクよりも大きなマザーマスクにパターン描画してから、前記マザーマスクを縮小投影することで、マスクを描画するパターン描画装置において、マザーマスク用ステージとして設けられたスキャン方向に長いストロークを有するスキャン型露光機構、露光装置用縮小投影光学系、微小ミラー用潤滑油の循環系、ピンホール板の冷却機構、及び、互いに直交する 2 つの方向にオーバーラップさせながらパターンの描画を行う機構の少なくとも一つを備えていることを特徴とするパターン描画装置。

## 【請求項 2】

マスクを描画するために、前記マスクよりも大きなマザーマスクにパターン描画してから、前記マザーマスクを縮小投影することで、マスクを描画するマスクリピータにおいて、前記マスクリピータとして、スキャン型露光機構を有し、前記スキャン型露光機構におけるマザーマスク用マスクステージは、スキャン方向に対して、繋ぎ合せ露光を不要とする長さのストロークを有することを特徴とするマスクリピータ。

## 【請求項 3】

請求項 2 において、前記スキャン方向のストロークは 1 3 2 mm より長いことを特徴とするマスクリピータ。

## 【請求項 4】

スキャン方向及び当該スキャン方向と直交するステップ方向とを有し、縮小露光することによってマスクを形成するのに使用されるマザーマスクにおいて、前記スキャン方向の長さが繋ぎ合せ露光を不要にするような長さを有することを特徴とするマザーマスク。

## 【請求項 5】

レーザ光発生部と二次元配列状の微小ミラーを含むパターン描画装置において、前記二次元配列状の微小ミラーに、該ミラーに接する気体を移動させる循環系が取り付けられ、かつ前記循環系内に潤滑油を含むタンクをつなげることを特徴とするパターン描画装置。

## 【請求項 6】

前記潤滑剤がフッ素系ポリマーであることを特徴とする請求項 5 記載のパターン描画装置。

## 【請求項 7】

レーザ光発生部、二次元配列状の微小ミラー、マイクロレンズアレイ、及び照射されたレーザ光を多数の細い光線に分割できるピンホール板を含むパターン描画装置において、前記ピンホール板を強制冷却できる構造を備えたことを特徴とするパターン描画装置。

## 【請求項 8】

照射されたレーザ光を多数の細い光線に分割できるピンホール板の作成法として、石英ガラスの表面に金属膜を付け、前記金属膜の上に塗布されたレジストに電子ビーム露光装置を用いてホール状に露光させることで、前記金属膜にホール状の穴を形成することを特徴として製造されたパターン描画装置用ピンホール板。

## 【請求項 9】

パルス状レーザ光発生部と二次元配列状の微小ミラーを含み、かつ前記微小ミラーを基板上に縮小投影させるパターン描画を行う方法において、1 回のパルス状レーザ光によって前記基板上に投影される前記二次元配列状の微小ミラーの投影パターンを、前記基板における直交する 2 つの移動方向の両方にオーバーラップさせながらパターン転写することを特徴とするグレースケール手法。

## 【請求項 1 0】

二次元的に配列された微小ミラー、マイクロレンズアレイ、及び、縮小投影光学系を含むパターン描画装置において、前記縮小投影光学系に、露光装置用の縮小投影光学系を用いたことを特徴とするパターン描画装置。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】マスクリピータ、パターン描画装置、及びグレースケール手法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体集積回路製造時の露光工程で用いられるマスクを製造するために用いられるマスク描画装置に適用するパターン描画方法、及びパターン描画装置に関する。また、本発明はマスクを用いずに回路パターンをウエハ上に直接描画するマスクレス露光装置にも適用できるパターン描画方法、及びパターン描画装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、半導体集積回路の製造時の露光工程では、回路パターンが描かれたマスク（レチクルと呼ばれることもある。）を用いてレジストが塗布されたウエハ上に回路パターンを描画させる（パターン露光と呼ばれる。）必要があり、そのための装置は露光装置あるいは露光機と呼ばれる。

## 【0003】

一方、マスクを製造するには、マスクの基板となる石英ガラスなどの表面に、目的とする回路パターンに相当するパターン状に露光光を通過させるように遮光用のクロム膜などを付ける必要がある。このクロム膜はパターン露光によって形成され、そのパターン露光を行う装置はマスク描画装置と呼ばれる。マスク描画装置の手法には、電子ビームを用いた電子ビーム描画装置（以下、EB描画装置と示す。）が広く利用されている。

## 【0004】

ただし、マスク描画装置には、EB描画装置の他に、紫外域のレーザー光（以下、紫外レーザー光と略す。）を用いてパターン描画（すなわちレジストが塗布されたマスク基板にパターン露光）する手法に基づくレーザービーム描画装置も製品化されている。その装置の従来例としては、微小なマイクロミラーを二次元配列状に多数並べたマイクロミラーデバイス（空間光変調器、あるいは、SLMと呼ばれる。）を用いて、これにパルス状の紫外レーザー光を照射し、各マイクロミラーごとに制御されたSLMからの反射光をマスク基板に照射して露光するものである。このレーザービーム描画装置は、EB描画装置よりも描画速度が速い特徴があることが知られている。なお、これに関しては、例えば、Proceedings of SPIE, Vol.4186, 第16～21頁（非特許文献1）、あるいは、USP6,428,940（特許文献1）において示されている。

## 【0005】

SLMを用いた前記レーザービーム描画装置では、およそ100万個（約500×約2000個）のマイクロミラーを有するSLMが用いられる。また、各マイクロミラーは16ミクロン前後の大きさであり、これを縮小投影光学系によって、マスク基板上に1/160～1/200の大きさに縮小投影させている。その結果、1つのマイクロミラーに対応するパターンは一辺100～80nmの正方形になる。また、光源としては波長248nmで動作するKrFエキシマレーザーが用いられている。

## 【0006】

ところが、前記従来のレーザービーム描画装置の第1の課題としては、解像度があまり高くないことである。すなわち、SLM自体がマスクとなった露光装置と同等の構成であるが、そのマスクは一般にバイナリーマスクと呼ばれるように、基板に照射された光の有無によってパターン露光するため、描画できる最小線幅は露光波長の60%程度の140nm程度が限界であった。

## 【0007】

そこで、本発明者らは、マイクロミラーデバイスを用いたパターン描画装置によって、直接マスクを描画せずに、これより大きなサイズのマスク（マザーマスクと呼ぶ。）をパターン描画し、これを露光装置を用いて縮小投影することで、マスクにパターン描画する新しいマスク作成システムを発明した。

## 【0008】



これに関しては、例えば、特願 2003-18960、特願 2003-33017、特願 2003-56953 などにおいて説明されている。本システム 200 の構成は、図 2 に示したように、マイクロミラーデバイスを有する光パターン発生部 230 によってパターン描画するパターン描画装置 210 と、マザーマスク 202 を用いてマスク 226 にパターン転写する露光装置とで構成される。このマスク 226 を描画するための露光装置は一般にマスクリピータと呼ばれる。

#### 【0009】

本マスク作成システム 200 によると、マザーマスク 202 に超解像マスクを用いることや、マスクリピータ 220 に、高い解像度が得られる ArF 露光装置や F2 露光装置をベースとして利用することができるため、マスク 226 上に 140 nm より細い線幅のパターンを描画することが容易になる。

#### 【0010】

なお、マスクリピータに関しては、例えば、日経マイクロデバイス、2000 年 5 月号、第 145～148 頁（非特許文献 2）、あるいは、非特許文献 1、第 34～45 頁において示されている。これらによると、通常のマスクリピータでは、ウエハ上にパターン露光するための通常の露光装置（一般に、ステッパと呼ばれている。）をベースとして、おもにウエハステージを改造した構成（すなわち、ウエハを載せるウエハステージを、マスクが載せられるように改造する必要がある。）となっているため、縮小投影光学系としてのレンズもそのまま利用され、1/5 の縮小倍率になっている。また、マザーマスクのサイズも、通常のマスクと同じになり、その描画エリアとしては、ステッパの場合、一辺約 110 mm の正方形である。

#### 【0011】

また、前記非特許文献 1 及び 2 にも示されているが、マスクリピータにおいて必要な技術としては、複数のマザーマスクからの投影パターンにおいて隣り合うパターンが多少重なるようにパターン投影させる技術が用いられる。また、この重なる領域では、露光量が均一になるように、重ねる部分の露光量を斜めにする繋ぎ合せ露光と呼ばれる手法が用いられる。

#### 【0012】

また、本発明者らは、前記 SLM とは異なり、マイクロミラーがデジタル的に ON/OFF 動作のみを行うデジタルミラーデバイス（以下、DMD と示す。）を用いたパターン描画装置を用いることについても検討した。具体的に説明すると、図 4 に示したように、パターン描画装置 210 における光パターン発生部 230 は、DMD 231 で反射したレーザ光 L21 をマイクロレンズアレイ 232 を通して集光し、その集光位置にピンホール板 233 が配置された構成を備えている。更に、レンズ 234a とレンズ 234b とで構成される縮小投影光学系 235 によって、ピンホール板 233 での光の像をマザーマスク 202 に投影する構造を備えている。ただし、ピンホール板 233 としては、実際に穴を有する板でなくてもよく、照射されたレーザ光を多数の細い光線に分割できるように、ガラス板上に多数の穴を設けた遮光膜が付けられたものであればよく、本発明では、これらを単にピンホール板と呼ぶ。以上のようなパターン描画装置 210 に関しては、例えば、USP 6,473,237（特許文献 2）において示されている。

#### 【0013】

ところで、DMD 自体は米国テキサスインスツルメンツ社によって製品化されているが、その構造の一例が、USP 6,624,944（特許文献 3）において示されている。それによると、図 9 に示したように、マイクロミラー 302 の傾き角度を規定するランディングパッド 321a、321b には、ハロゲン系のグリスのような潤滑油 322a、322b が塗られており、これによって、マイクロミラー 302 がランディングパッド 321a、321b と強く付着して離れなくなるなどの回転不良が生じることを抑制している。なお、図 9 において、支柱 320 はマイクロミラー 302 を支えるためのものであり、ベース 310 は DMD の基板である。

#### 【0014】

また、マスクを描画する場合、一般に、設計上の最小寸法は1から4 nmと小さく、これは最小グリッドと呼ばれる。そこで、1個のマイクロミラーが縮小投影されるパターン（投影スポット）より遥かに小さいパターン形状に現像後のレジストを形成する必要がある。これを実現するには、投影させるパターンに照射させる光量を変化させて、レジストへの露光量を微調整することで可能になる。このように露光量の調整（すなわち中間光量を与える手法）はグレースケールと呼ばれる。

#### 【0015】

本発明者らは、DMDのパターンを直接縮小投影するパターン描画装置に関して、特願2003年第148362号において、新しいグレースケール手法（これをオーバーラップ転写によるグレースケール手法と呼ぶ。）を発明した。それによると、図10及び図11に示したように、光源としてパルスレーザ装置501を用いて、各パルスごとのDMD投影パターン507を部分的にオーバーラップして転写しながら、基板505をスキャンする（XYステージ506によって、基板505をX方向に移動する）ものである。例として、パルスレーザ装置501とDMD503が10,000 Hzで動作する場合、図11の下に時系列で（時刻として0.1 msごとに）示したように、DMD投影パターン507は、507a、507b、507c、507d、507eとX方向に3/4の割合がオーバーラップして転写されるため、各マイクロミラーが投影される各スポットは複数のパルスレーザ光の重なりとなるため、その多重度を調整することでグレースケールが実現できる。

【非特許文献1】 Proceedings of SPIE, Vol.4186, 第16～21頁、第34～45頁

【非特許文献2】 日経マイクロデバイス、2000年5月号、第145～148頁

【特許文献1】 USP6,428,940

【特許文献2】 USP 6,473,237

【特許文献3】 USP 6,624,944

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0016】

本発明者らが発明した前記新しいマスク描画システムを非特許文献2に記載されたマスクリピータを適用した場合、種々の問題点があることが判明した。即ち、ベースとなる露光装置としてステップよりも、高い解像度を得られるArF露光装置やF2露光装置を利用しようとしたところ、これらの露光装置はスキャン型であるため、スキャン型露光機構を有するマスクリピータを実現する必要がある。ところが、繋ぎ合わせ露光に関して、スキャン方向に直交する方向（すなわち、ステップ方向）には、従来と同様の傾斜露光を利用できるが、スキャン方向に傾斜露光を実現する（すなわち、スキャンしていく横長のレーザ光照射領域におけるスキャン開始時の端の部分とスキャン終了時の端の部分を傾斜露光にする）ことが困難であった。

#### 【0017】

その結果、例えば、図2に示したマスク作成システム200におけるマスクリピータ220では、マスク226をパターン描画するために、マザーマスク202を最大で16回（X方向に4回、Y方向に4回）転写露光する必要がある。その際に、ステップ方向（Y方向）に関しては、レーザ光照射領域224のようにステップ方向の両端を斜めにカットした形状にすることで、マスク226上において傾斜露光を実現しやすい。これに対して、スキャン方向（X方向）に関しては、傾斜露光を行うことが困難であり、繋ぎ合せ露光が均一（すなわち、繋ぎ合せ露光の部分の露光量を一定）にできないことがあった。

#### 【0018】

なお、一般のスキャン型露光装置における最大露光領域は、26 mm（ステップ方向）×33 mm（スキャン方向）であることが知られており、この場合のマスクの描画エリアのサイズは、104 mm（ステップ方向）×132 mm（スキャン方向）である。したがって、マスクの4倍のサイズのマザーマスクの描画エリアが、104 mm（ステップ方向

) × 132 mm (スキャン方向) の場合、繋ぎ合わせ露光無しに描画できるマスクのスキャン方向 (X 方向) の長さは 33 mm となることから、これを用いて製造される半導体の長手方向は 8.25 mm (132 mm の  $1/16$ ) 以下である。すなわち、半導体のチップサイズが長手方向に 8.25 mm より長い場合は、スキャン方向において繋ぎ合わせ露光が不可欠であった。

#### 【0019】

また、他の課題として、DMD を用いたパターン描画装置において、高い解像度を得るために、光源に紫外光、特に紫外で動作するレーザ装置を用いると、次第に DMD が動作不良を生じることがあった。

#### 【0020】

また、DMD とマイクロレンズアレイとピンホール板を用いた前記パターン描画装置においては、高い集光率を有するマイクロレンズアレイを利用することが困難であり、パターン描画装置 210 では、マイクロレンズアレイ 232 の集光率は  $1/3$  程度と低かった。その結果、図 4 に示した DMD 投影パターン 236 を形成するスポットの径が 1 ミクロン前後と大きくなり、0.3 ミクロン以下の微細なパターンを描画できないことであった。

#### 【0021】

また、前述したオーバーラップ転写によるグレースケール手法では、図 11 に示したように、DMD 投影パターン 507 は、基板 505 上で X 方向に投影されるため、基板 505 の X 方向に細長いライン状に投影した後は、Y 方向にステップして、隣のラインを露光することになる。ところが、隣り合うラインが僅かに重なったり離れたりすることがあり、その結果、露光量に急激な変化 (異常露光) が生じることがあり、現像後にレジストパターンに異常が生じることがあった。

#### 【0022】

本発明の第一の目的は、スキャン型露光機を用いても均一な繋ぎ合わせ露光ができるマスクリピータを提供することである。

#### 【0023】

また、第二の目的は、波長 0.3 ミクロン以下の紫外光を用いても長期間正常に動作できる DMD を用いたパターン描画装置を提供することである。

#### 【0024】

また、第三の目的は、DMD とマイクロレンズアレイを用いたパターン描画装置において、マイクロレンズアレイの集光率を上げなくとも微細なパターンが描画できるパターン描画装置を提供することである。

#### 【0025】

また、第四の目的は、DMD のパターンを直接縮小投影するパターン描画装置を用いて、前述したグレースケールを適用する際に、基板を移動させる XY ステージに対して、特に高い位置精度を必要としないパターン描画手法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0026】

前記第一の目的を達成するために、マスクリピータとして、スキャン型露光機構を有し、前記スキャン型露光機構におけるマザーマスク用マスクステージのスキャン方向に 132 mm より長いストロークを備えたものである。これによると、製造する半導体のチップサイズにおける長手方向が 8.25 mm よりも長くなっても、その長さの 16 倍のストロークを備えることで、スキャン方向に繋ぎ合わせ露光を行わずに、マスクをパターン描画できる。

#### 【0027】

なお、マザーマスクの描画エリアのスキャン方向の長さとしては、繋ぎ合わせ露光が不要となる 528 mm と長くしてもよい。しかも、その場合でも、マザーマスクのサイズとして、スキャン方向と直交する方向 (すなわちステップ方向) は大きくしないことで、マスクリピータの縮小投影光学系のレンズ口径を大きくする必要がなく、ステージにおけるス



キャン方向のストロークを長くするだけの改造で済む。

【0028】

しかも、マザーマスクの描画エリアとして、スキャン方向に従来の132mmより遥かに長くなっても、ステップ方向には長くしないことで、マザーマスクが従来より撓むことはない。その理由としては、マザーマスクはマスクステージ上に載せられているため、スキャン方向にいくら長くなっても、ステップ方向の両端の全長がステージの枠に支えられているからである。

【0029】

また、前記第二の目的を達成するために、DMDに、マイクロミラーに接する気体を移動させる循環系が取り付けられ、かつ前記循環系内に潤滑油を含むタンクをつなげたものである。これによると、DMDにおける隣接するマイクロミラーのギャップから紫外光が内部に入射して、ランディングパッドの表面に付けられた潤滑油が紫外光に照射されて、潤滑油が分解して消耗することがあったとしても、潤滑油を含むタンクから蒸気となって、DMD内部に供給できるため、ランディングパッドの表面に新しい潤滑油が再び付着することになる。したがって、ランディングパッドの表面には潤滑油が無くなることなく、マイクロミラーの回転不良は生じない。なお、潤滑油を含むタンクは周囲から多少加熱することが好ましく、これによると、潤滑油の蒸気を速やかにランディングパッドの表面に移動させることができる。

【0030】

また、潤滑油の材料としては、特にフッ素系ポリマーを利用するのが好ましい。フッ素系ポリマーは紫外域での透過率が高いため、その蒸気がDMD内部に満たされても、紫外光が減衰しにくいからである。

【0031】

また、前記第三の目的を達成するために、DMDとマイクロレンズアレイとピンホール板を用いたパターン描画装置において、ピンホール板を強制冷却できる構造を備えたものである。これによると、マイクロレンズアレイによって集光されるレーザ光のスポット径が多少大きくなっても、ピンホール板に十分小さな穴を空けておけば、微細な描画スポットを形成できる。その場合、ピンホール板の穴から通過できず、ピンホール板を加熱するレーザ光の光量が増えてしまうが、ピンホール板を強制冷却させることで、ピンホール板が過度に温度上昇することを抑制できる。その結果、ピンホール板が大きく熱膨張することを防げるため、ピンホール位置の変化による基板上の描画スポット位置の変動が抑制される。

【0032】

なお、ピンホール板に小さな穴を正確に空けるためには、電子ビーム露光装置を利用することが好ましい。電子ビーム露光装置では、基板に照射される電子ビームを偏向器によって、高い精度で微偏向できるため、高い位置精度で穴空け加工が可能である。

【0033】

また、ピンホール板の基板の材質としては、紫外域で透過率が高く、しかも熱膨張率が小さい石英ガラス板を用いることが好ましい。

【0034】

また、前記第四の目的を達成するために、1回のパルス状レーザ光によって基板上に投影されるDMDの投影パターンを、前記基板における直交する2つの移動方向の両方に関して、オーバーラップ転写させたものである。これによると、投影パターンのスキャン方向と、ステップ方向の両方に関して、多重に重ねて露光することから、XY両方向に関してDMD投影位置の誤差（すなわち投影位置の目標値からのばらつき）を平均化できる。これによると、隣接するライン間での露光量の異常を抑制でき、基板全面において要求される階調数のグレースケールを有する均一な露光が行える。したがって、現像後のレジストパターンが設計通りになる。

【発明の効果】

【0035】



本発明のマスキリピータでは、解像度が高いスキャン型露光機構を利用でき、しかもスキャン方向の繋ぎ合せ露光を不要にできるため、異常露光が生じることがない。

【0036】

また、DMDを用いた本発明のパターン描画装置では、DMDに波長0.3ミクロン以下の紫外光を照射しても、マイクロミラーの回転不良が生じにくくなり、長期間に亘って正常に動作できる。

【0037】

また、DMD、マイクロレンズアレイ、及びピンホール板を用いた本発明のパターン描画装置では、投影パターンを小さくすることなく、基板に十分小さなスポットを投影させてパターン描画でき、しかも長時間に亘ってスポット位置がずれることが無いため、高い精度でパターン描画が長時間行える。これにより、特に長い描画時間が必要な次世代マスクの描画も正確に行える。

【0038】

また、本発明のグレースケール手法によると、XとYの両方で繋ぎ合わせ露光が不要となり、全面に渡って要求される階調数のグレースケールを正確に実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0040】

本発明の第1の実施例を図1を用いて説明する。図1は本発明のマスキリピータ100の構成図であり、スキャン型露光機構を有する構造になっている。ただし、露光光源であるレーザ装置やレーザ光のビーム整形器などは省略されている。露光するためのレーザ光は、断面が台形状に整形されてから、マスクステージ101に載せられたマザーマスク102における斜線で示された描画エリア内のレーザ光照射領域103を照射する。マザーマスク102におけるレーザ光照射領域103内のパターンは、縮小投影光学系104によって、1/4に縮小され、XYステージ106に載せられたマスク105上に投影される。マザーマスク102はマスクステージ101内でX方向（スキャン方向）に往復移動する。一方、マスク105はXYステージ106内でX方向に、マザーマスク102とは反対方向に往復移動する。

【0041】

本実施例では、マザーマスク102内の描画エリアの大きさは、長さ（X方向）が528mm、幅（Y方向）が104mmとX方向に細長い領域になっている。すなわち、本実施例では、製造する半導体のチップサイズとして、長手方向に33mmと最大のものまで対応している。したがって、マスクステージ101におけるスキャンのストロークは528mmを確保するために、約530mmになっている。そこで、この描画エリアが縮小投影光学系104によって1/4に縮小投影されることで、マスク105におけるパターン投影部107が形成される。パターン投影部107のサイズは、スキャン方向（長さ）が132mm、ステップ方向（幅）が26mmになる。したがって、パターン投影部107が4回、Y方向にステップするだけで、マスク105の描画エリアの全面にパターン描画できる。

【0042】

また、マスク105において必要な繋ぎ合せ露光は、ステップ方向（Y方向）の繋ぎ合せ部だけであるため、レーザ光照射領域103を台形状にすることで傾斜露光が実現でき、図3に示したように、パターン投影部107では均一な露光量にすることが容易である。スキャン方向に関しては、繋ぎ合せ露光が不要になったことから、異常露光が生じることがない。

【0043】

ところで、本実施例のように、マザーマスク102として、スキャン方向のみに長い形状とした理由は以下である。すなわち、もしもマザーマスクがX方向とY方向の両方でマ

スク 1 0 5 の 4 倍、すなわち面積が 1 6 倍のものをを用いると、縮小投影光学系 1 0 4 を 4 倍大きなレンズで作り直す必要があるだけでなく、マザーマスクが大面積になるため、自重で撓む量が無視できない程大きくなってしまいうからである。これに対して、本実施例のマザーマスク 1 0 2 では、Y 方向の幅が通常マスクと同じ（描画エリアが）1 0 4 mm であるため、縮小投影光学系 1 0 4 に通常露光装置のレンズを利用できるだけでなく、マザーマスク 1 0 2 の Y 方向の両端がマスクステージ 1 0 1 に載せられていることから、大きく撓む可能性がある長手方向（X 方向）に撓むことはない。したがって、撓みによるパターン投影部 1 0 7 の焦点ボケが生じることもない。

#### 【0 0 4 4】

次に、本発明のパターン描画装置について説明する。本発明のパターン描画装置は、本発明者らが以前に発明した図 2 に示したマスク作成システム 2 0 0 で利用する装置であり、外見上はパターン描画装置 2 1 0 と同等であるため、パターン描画装置 2 1 0 として、詳細構成を図 4 を用いて説明する。本発明のパターン描画装置 2 1 0 における光パターン発生部 2 3 0 は、図示していない紫外レーザ装置から供給されるレーザ光が DMD 2 3 1 に当たり、反射したレーザ光 L 2 1 がマイクロレンズアレイ 2 3 2 を通ることで、狭まりながら進み、ピンホール板 2 3 3 において集光される。ピンホール板 2 3 3 は石英ガラスに金属膜が付けられたものであり、その金属膜は直径 1 ミクロン程度の微細な穴を多数有する。この微細な穴は、DMD 2 3 1 の各マイクロミラーに対応している。なお、DMD 2 3 1 における各マイクロミラーのサイズは約 1 4 ミクロンになっている。

#### 【0 0 4 5】

従来のパターン描画装置で用いられた光源には、波長 4 0 5 nm の半導体レーザなどであったが、本発明のパターン描画装置 2 1 0 で用いられる光源は、波長 2 6 6 nm の Y A G レーザの第 4 高調波で連続発振する紫外レーザ装置を用いた。したがって、光パターン発生部 2 3 0 として、従来と同等の構造を用いると、次第に DMD 2 3 1 が動作不良を引き起こすようになってしまう。

#### 【0 0 4 6】

そこで、本発明では、図 5 に示したように、DMD 2 3 1 を紫外対応 DMD 駆動機構 3 0 0 内に組み込んで用いている。紫外対応 DMD 駆動機構 3 0 0 では、DMD 2 3 1 を循環系 3 0 4 内に配置し、DMD 2 3 1 内のマイクロミラー 3 0 2 に接する気体が、循環系 3 0 4 内で、ファン 3 0 5 によって循環するようになっている。この循環系 3 0 4 には清浄化フィルタ 3 0 6 が備えられており、ここでは紫外光の照射によって分解したランディングパッド（図 9 における 3 2 1 a、3 2 1 b）上の潤滑油（図 6 における 3 2 2 a、3 2 2 b）の分子を捕獲する。なお、循環系 3 0 4 内に満たす気体としては、紫外光の照射でもほとんど分解することがない H e や A r などの希ガスが好ましい。

#### 【0 0 4 7】

また、循環系 3 0 4 には、潤滑油蒸気供給タンク 3 0 7 からのポートが取り付けられており、循環系 3 0 4 内に潤滑油の蒸気を供給している。潤滑油蒸気供給タンク 3 0 7 内には、ランディングパッド上の潤滑油と同様な成分であるフッ素系ポリマーが満たされている。この潤滑油蒸気供給タンク 3 0 7 は摂氏 5 0 度程度に加熱されており、これによって、分解して消耗するランディングパッド上の潤滑油が減らない程度の量の潤滑油蒸気が発生している。潤滑油蒸気供給タンク 3 0 7 内にフッ素系ポリマーを満たしている理由としては、フッ素系ポリマーは、紫外域で高い透過率を有するため、DMD 2 3 1 におけるマイクロミラー 3 0 2 とウインド 3 0 3 との間に、その蒸気が満たされても、入射する紫外のレーザ光をほとんど減衰させないからである。なお、前記フッ素系ポリマーとしては、例えば、ダイキン工業株式会社製のデムナムと呼ばれるフッ素系潤滑油などが好ましい。

#### 【0 0 4 8】

なお、図 5 に示したように、循環系 3 0 4 内に満たされた希ガスは図の矢印の方向に流れるようになっている。その理由としては、DMD 2 3 1 内で発生する潤滑油の分解物は直ぐに清浄化フィルタ 3 0 6 で除去され、また、潤滑油蒸気供給タンク 3 0 7 から供給される潤滑油の蒸気が直ぐに DMD 2 3 1 内に満たすことができるからである。

## 【0049】

次に、図5に示した紫外対応DMD駆動機構300の代案を図6に示す。図6は紫外対応DMD駆動機構350の構成図である。紫外対応DMD駆動機構350では、図5に示した紫外対応DMD駆動機構300で用いたファン305は用いていない。しかし、DMD231に潤滑油蒸気供給タンク307と劣化潤滑油回収タンク351とを互いに反対側につなげることで、潤滑油の蒸気が矢印のように移動する。その理由としては、潤滑油蒸気供給タンク307は摂氏約50度に加熱されており、一方、劣化潤滑油回収タンク351は摂氏約10度に冷却されている。その結果、蒸気が自然に移動するからである。以上のように、紫外対応DMD駆動機構350の構成図は、図5に示した紫外対応DMD駆動機構300に比べて構造が簡略化された。

## 【0050】

次に、図4で示された本発明のパターン描画装置210の描画性能の向上に関する本発明の構成を図7を用いて説明する。パターン描画装置210の光パターン発生部230で用いられているピンホール板233には、直径約1ミクロンの穴が空いた金属膜が石英ガラス上に付けられている。一方、マイクロレンズアレイ232の縮小倍率は約1/4であるため、ピンホール板233においては、直径約3.5ミクロンのスポットとなる。従来の装置では、ピンホール板233の穴径を3.5ミクロンとして、レーザ光を無駄なく取り出していた。ところが、縮小投影光学系235の縮小倍率が1/5程度であったため、DMD投影パターン236を形成する各スポットの直径は約0.7ミクロンであった。なお、縮小投影光学系235の縮小倍率を上げると、マザーマスク202上でのスポット径を小さくすることができるが、DMD投影パターン236自体が小さくなるため、結果として描画時間が長くなってしまう問題もあった。

## 【0051】

これに対して、本発明では、ピンホール板233における穴径が約1ミクロンであるため、DMD投影パターン236を形成する各スポットの直径は約0.2ミクロンになり、DMD投影パターン236自体を小さくせずに、従来よりも微細なパターンが形成できる。ところが、マイクロレンズアレイ232で集光されるスポット径が約3.5ミクロンであるため、ピンホール板233における約1ミクロンの穴から出射できるレーザ光の光量の割合は約8%程度であり、約92%ものレーザ光がピンホール板233の加熱に利用されてしまう。そこで、本実施例では、ピンホール板233におけるピンホールの並びの両側にペルチェ素子330a、330bを取り付け、これによって露光中はピンホール板233を強制冷却している。なお、ペルチェ素子330a、330bが取り付けられている面は、ピンホール板233において前記金属膜が付けられた面である。金属膜は熱伝導度が大きいので、ペルチェ素子330a、330bによって、ピンホール板233全体を冷却する効果が高まるからである。

## 【0052】

以上のように本発明のパターン描画装置210では、露光中にピンホール板233を冷却することができるため、ピンホール板233が大きく温度上昇することがないことから、ピンホール板233が大きく熱膨張することがない。したがって、露光中に、各ピンホールの相対位置が大きくずれることもなく、DMD投影パターン236が、マザーマスク202における設計通りの位置に正確に投影される。

## 【0053】

上記したように、本発明に係るパターン描画装置210では、特に、マイクロレンズアレイ232の縮小倍率を上げなくても、1ミクロン程度の充分微小な穴を有するピンホール板233を利用することができるから、DMD231のパターンにおけるスポット径を0.2ミクロン程度に小さくできる場合でも、縮小投影光学系235には、縮小倍率が1/4から1/5程度の低い倍率が利用できるようになった。

## 【0054】

この構成によれば、縮小投影光学系235に通常のi線露光装置における縮小投影光学系や、KrF露光装置における縮小投影光学系を利用できる。これらの露光装置は、露光



装置メーカーによって量産されているため、縮小投影光学系を低コストで入手でき、パターン描画装置 210 を低コストで製作できる。尚、i 線露光装置における縮小投影光学系の縮小倍率は  $1/5$  であり、KrF 露光装置における縮小投影光学系の縮小倍率は  $1/4$  であることは広く知られている。但し、これらの縮小投影光学系の縮小倍率は正確に  $1/4$ 、或いは、 $1/5$  ではなく、一般にそれぞれ  $1/3.5 \sim 1/4.5$  の間、及び、 $1/4.5 \sim 1/5.5$  の間で調整できる。したがって、本発明では、特に、露光装置用の縮小投影光学系を利用することによって装置の低コスト化を図ることができる。

#### 【0055】

次に、本実施例のピンホール板 233 の製作手法を図 8 を用いて説明する。本実施例のピンホール板 233 は、基板である石英ガラスの上に金属膜を付けたものであり、金属膜としては、熱伝導度が高い銅、アルミ、金などが適する。特に、銅はメッキすることで付けることもできるため、安価に製造できる特徴があるため最も好ましい。

#### 【0056】

この金属膜に穴を空けるには、電子ビーム露光装置 400 を用いるのが好ましい。電子ビーム露光装置 400 では、電子銃 401 から放出される加速電子 410 は電子レンズ 402a によって多少絞られながら進み、丸い穴が空いているアパーチャ 403 に当たる。アパーチャ 403 の穴を通過する電子は、電子レンズ 402b によって、レジスト 404 が塗布されたピンホール板 233（ただしこの時点ではピンホールが空いていないため、金属膜が付いた石英ガラスである。）上に縮小投影され、レジスト 404 が穴状に露光される。全ての穴に対する露光の終了後、レジスト 404 が塗布されたピンホール板 233 は現像され、さらにウェットエッチングされることで、金属膜に微細な穴が多数形成できる。

#### 【0057】

以上のように、金属膜に穴を形成するために電子ビーム露光装置 400 を利用する理由としては、電子ビームは電子レンズ 402b によって瞬時に数 nm の僅かな距離を補正できるため、基板上に数 nm 以下の高い位置精度でスポット露光することができるからである。

#### 【0058】

次に、DMD のパターンを直接縮小投影するパターン描画装置における本発明の描画手法を図 10 と図 12 を用いて説明する。図 12 は、パルスレーザ装置 501 と DMD 503 を 10,000 Hz で動作させた場合の DMD 投影パターン 507 の基板 505 内での投影位置を時系列で (a) ~ (l) まで示した説明図であり、判り易いように、投影されるマイクロミラーの数が少なく描いてある。基板 505 内に投影される DMD 投影パターン 507 を斜線で示してある。図から判るように、0.1 ms ごとに X 方向に投影される DMD 投影パターン 507 は基板 505 のスキャンによって、X 方向に部分的にオーバーラップしながら投影される。一方、XY ステージ 506 における Y 方向のステップにより、Y 方向にも部分的にオーバーラップ転写させながら投影される。例えば、(a) と (e) と (i) とが Y 方向でオーバーラップ転写することになる。本発明では、このように DMD 投影パターン 507 を X と Y の 2 方向にオーバーラップ転写させることで、グレースケールを実現したものである。その結果、スキャンとステップの両方の位置の誤差が平均化されるようになり、ステップ方向の繋ぎ合わせ露光が不要となり、異常露光が生じることはない。

#### 【0059】

次に本発明の他の実施例を図 13 を用いて説明する。図 13 は本発明のパターン描画装置 600 の構成図である。パターン描画装置 600 は、DMD の各マイクロミラーからのレーザ光をマイクロレンズアレイでピンホール板上に集光し、ピンホール板の穴から通過する多数の光線を縮小投影光学系で基板上にパターン転写する構成を備えている点では、図 4 に示したパターン描画装置 210 と同様である。但し、本実施例は描画速度を向上するために、2 個の DMD を用いている点で、図 4 のパターン描画装置と相違している。

#### 【0060】

即ち、図示されていない紫外レーザ装置からのレーザ光がDMD 601a、601bに入射すると、描画に利用されるものは、マイクロミラー602a、602bから、それぞれレーザ光L601a、L601bのように進み、マイクロレンズアレイ603a、603bに入射して、レーザ光L602a、L602bのように絞られながら進む。レーザ光L602a、L602bは1枚のピンホール板604に照射され、その穴から出射するレーザ光L603a、L603bは、1本の大口径の縮小投影光学系605に入射し、レーザ光L604のように基板に照射することで、ピンホール板604の位置でのパターンが基板606上に投影される。

#### 【0061】

本実施例の特徴は、2個のDMD 601a、601bを用いていても、ピンホール板604を1枚にしたことである。これによって、2個のDMD 601a、601b間の相対距離や、2個のマイクロレンズアレイ603a、603b間の相対距離が熱膨張などによって数ミクロン程度ずれても、基板606上に投影されるパターンである多数のスポットの位置は変動することがない。また、本実施例では2個のDMDを用いる場合を示したが、さらに多数のDMDを用いる場合でも、1枚のピンホール板で構成することが望ましい。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0062】

【図1】本発明のマスキリピータ100の構成図である。

【図2】マスク作成システム200の構成図である。

【図3】マスク105上での繋ぎ合わせ露光の説明図である。

【図4】本発明のパターン描画装置210の構成図である。

【図5】本発明の紫外対応DMD駆動機構300の構成図である。

【図6】本発明の紫外対応DMD駆動機構350の構成図である。

【図7】ピンホール板233の構成図である。

【図8】ピンホール板233製作手法の説明図である。

【図9】DMDの構造の断面図である。

【図10】パターン描画装置500の構成図である。

【図11】オーバーラップ転写によるグレースケールの説明図である。

【図12】本発明におけるグレースケールの説明図である。

【図13】本発明の他の実施例に係るパターン描画装置600を示す構成図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0063】

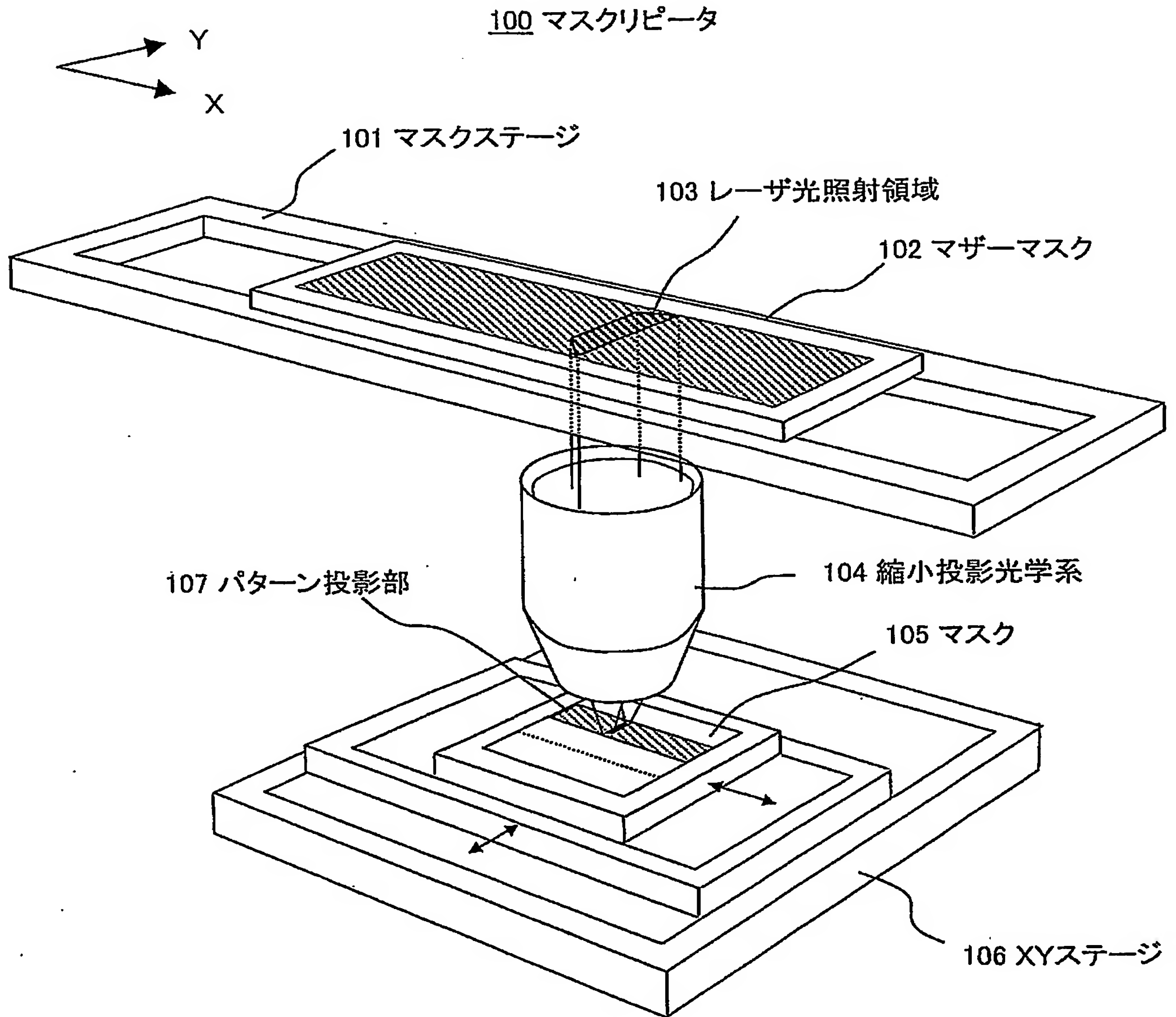
100	マスキリピータ
101	マスクステージ
102、202	マザーマスク
103	レーザ光照射領域
104、225、235、504	縮小投影光学系
105、226	マスク
106、203、227、506	XYステージ
107	パターン投影部
200	マスク作成システム
210、500	パターン描画装置
220	マスキリピータ
223	マスクステージ
228	パターン投影部
230	光パターン発生部
231、503	DMD
232	マイクロレンズアレイ
233	ピンホール板

2 3 4 a、2 3 4 b      レンズ  
 2 3 6、5 0 7      DMD 投影パターン  
 3 0 0、3 5 0      紫外対応 DMD 駆動機構  
 3 0 2      マイクロミラー  
 3 0 3      ウインド  
 3 0 4      循環系  
 3 0 5      ファン  
 3 0 6      清浄化フィルタ  
 3 0 7      潤滑油蒸気供給タンク  
 3 2 1 a、3 2 1 b      ランディングパッド  
 3 2 2 a、3 2 2 b      潤滑油  
 3 1 0      ベース  
 3 2 0      支柱  
 3 3 0 a、3 3 0 b      ペルチェ素子  
 3 5 1      劣化潤滑油回収タンク  
 4 0 0      電子ビーム露光装置  
 4 0 1      電子銃  
 4 0 2 a、4 0 2 b      電子レンズ  
 4 0 3      アパーチャ  
 4 0 4      レジスト  
 4 1 0      加速電子  
 5 0 1      パルスレーザー装置  
 5 0 2      ミラー  
 5 0 5      基板  
 L 2 1、L 2 2、L 5 1、L 5 2      レーザ光



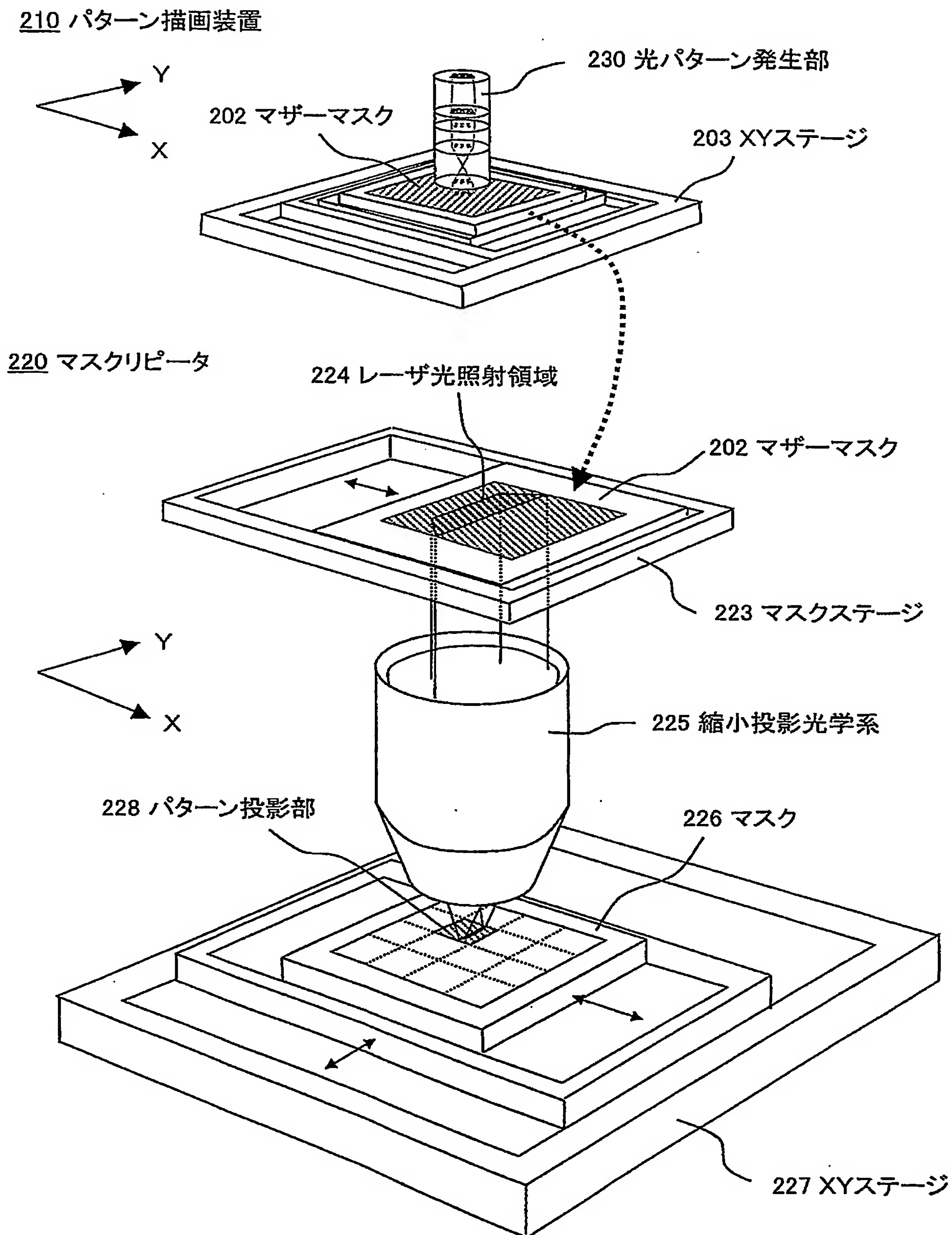
【書類名】 図面  
【図 1】

本発明のマスキリピータ100の構成図



【図 2】

マスク作成システム200の構成図



【図 3】

マスク105上での繋ぎ合わせ露光の説明

(a) レーザ光照射領域103でのレーザー光強度分布

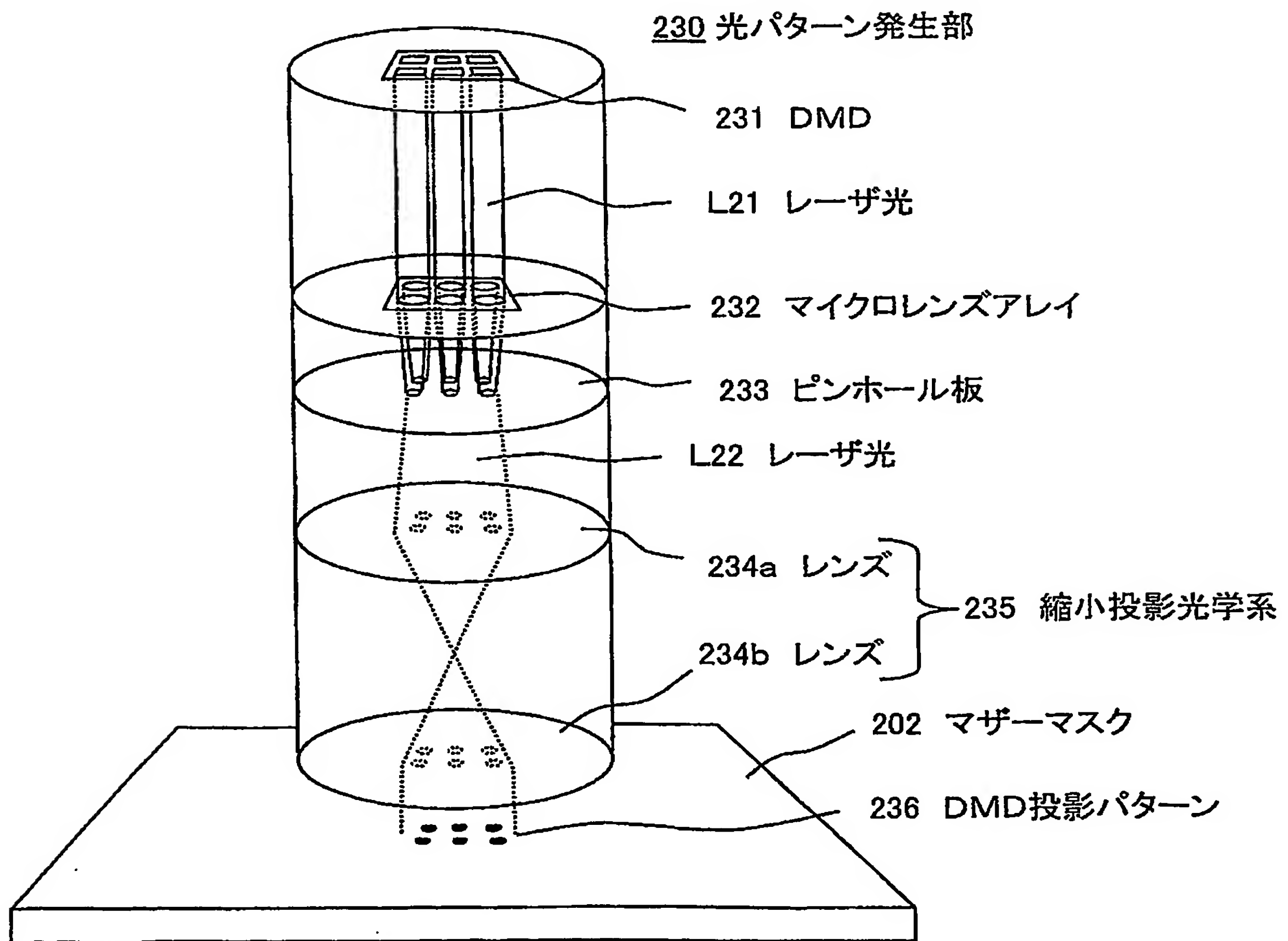


(b) パターン投影部107での露光量分布



【図 4】

パターン描画装置210の構成図

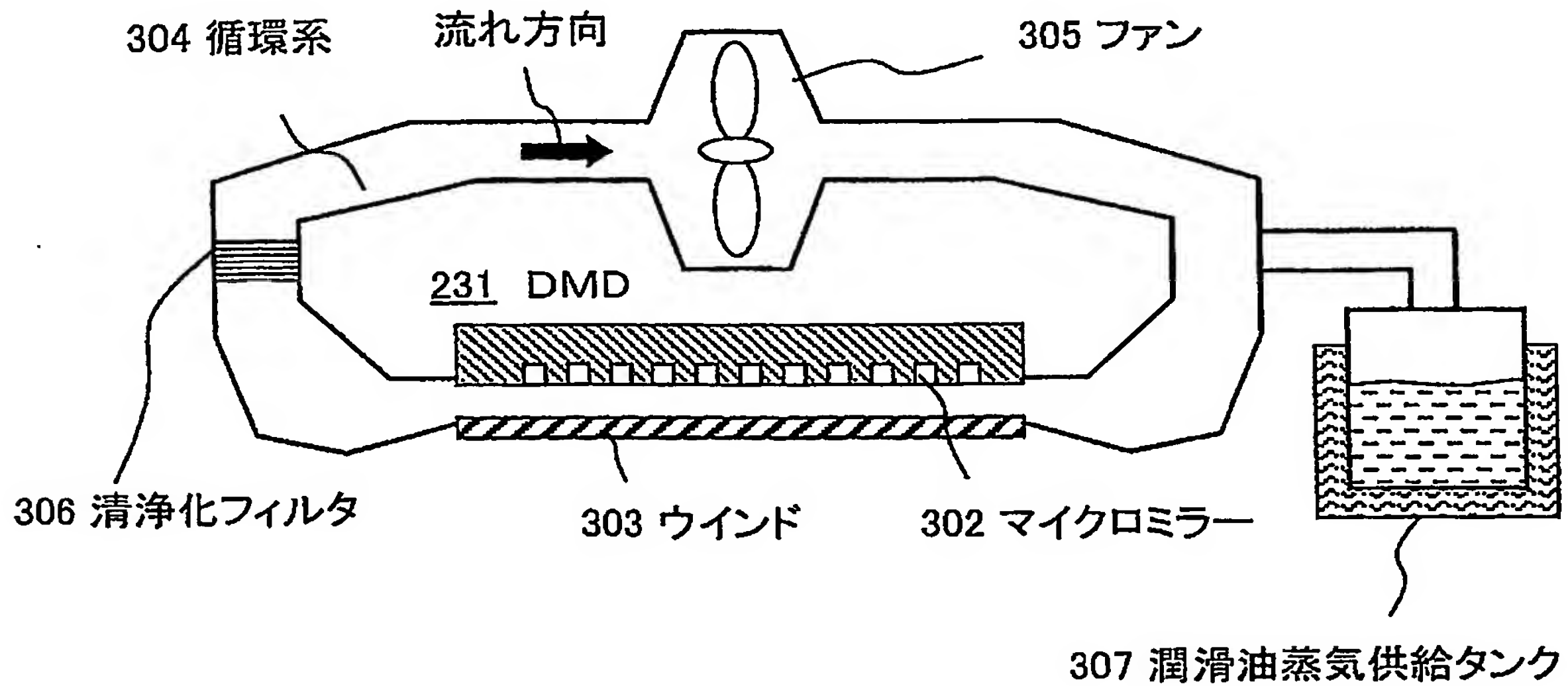




【図 5】

紫外対応DMD駆動機構300の構成図

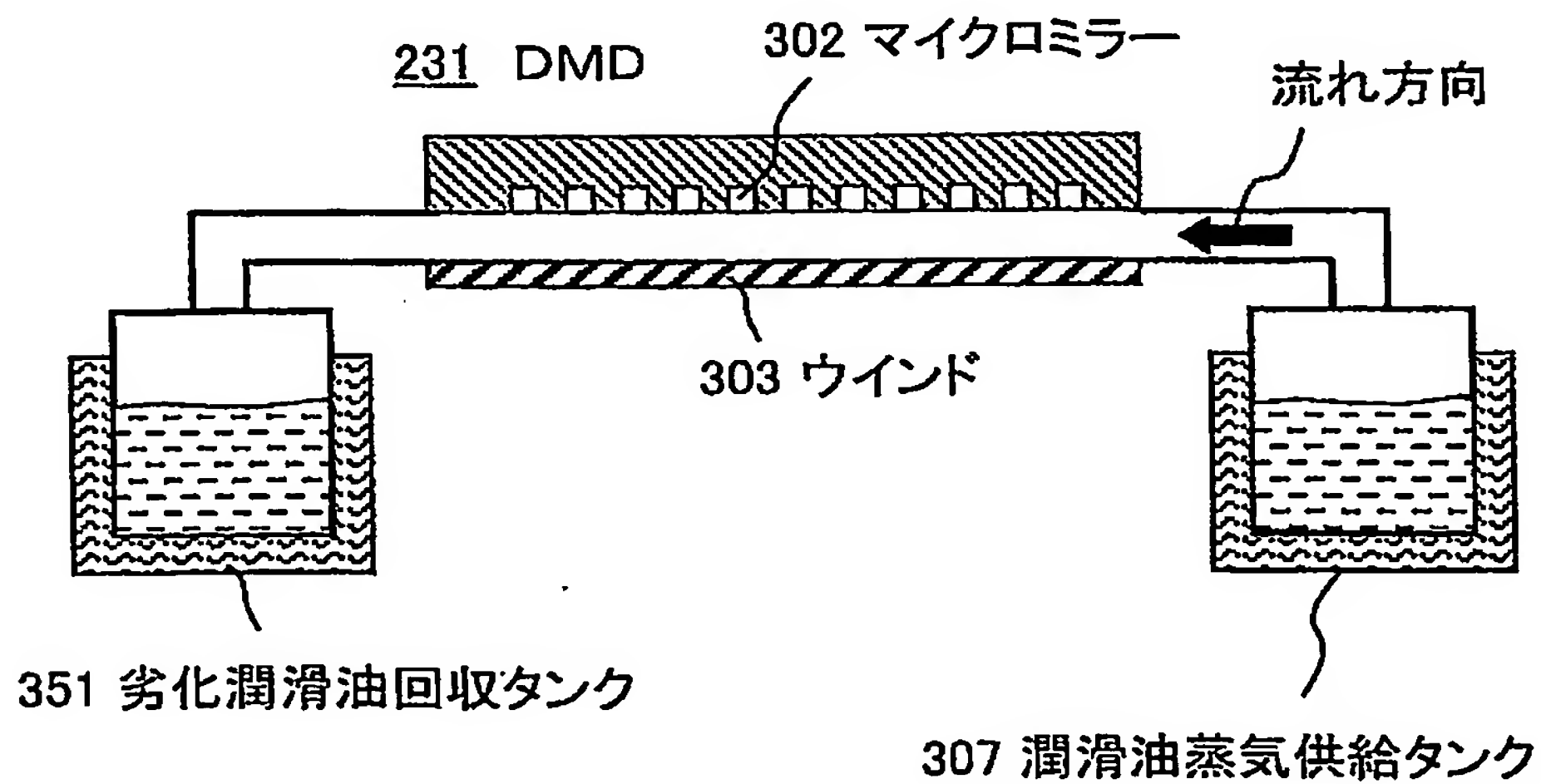
300 紫外対応DMD駆動機構



【図 6】

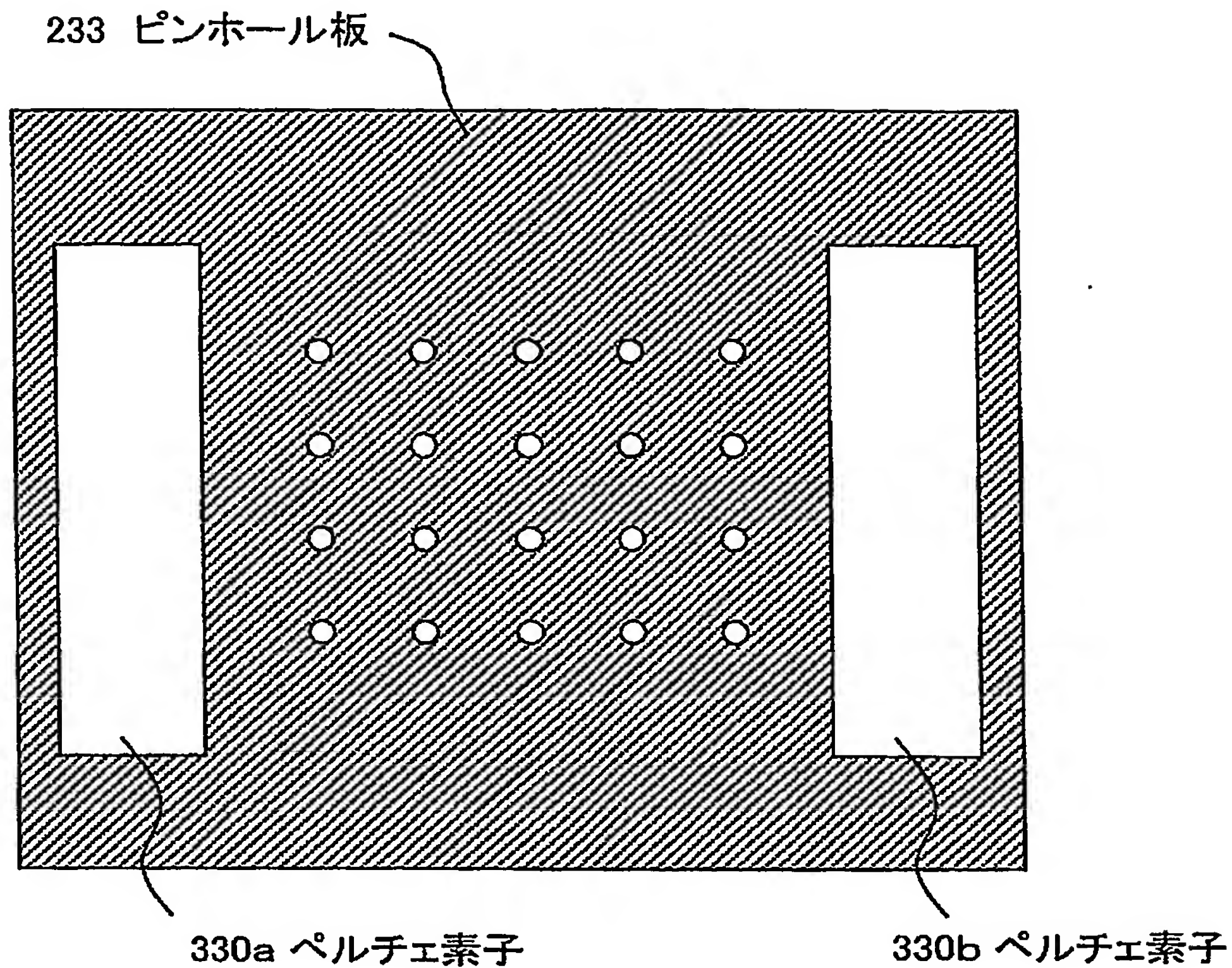
紫外対応DMD駆動機構350の構成図

350 紫外対応DMD駆動機構



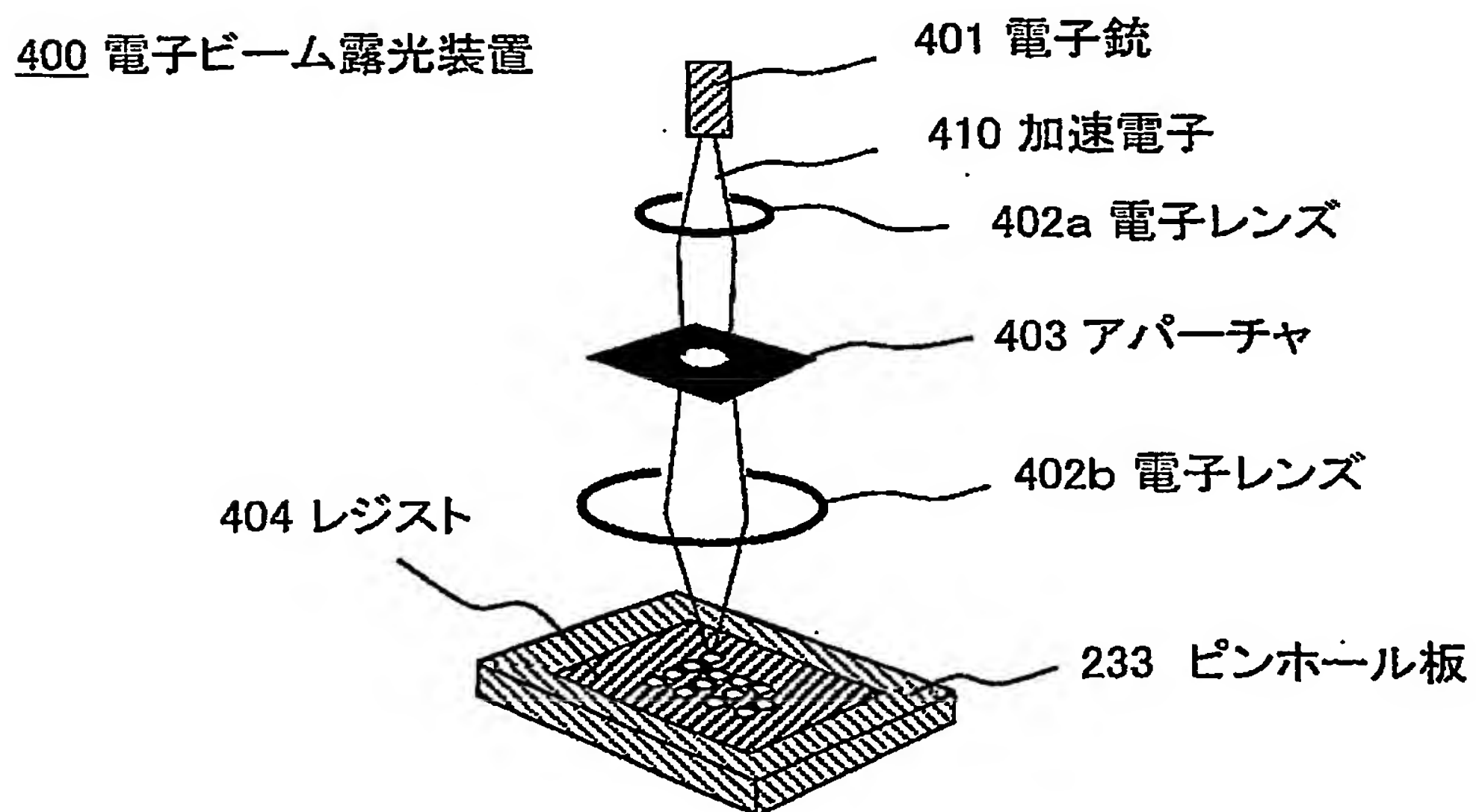
【図 7】

ピンホール板233の構成図



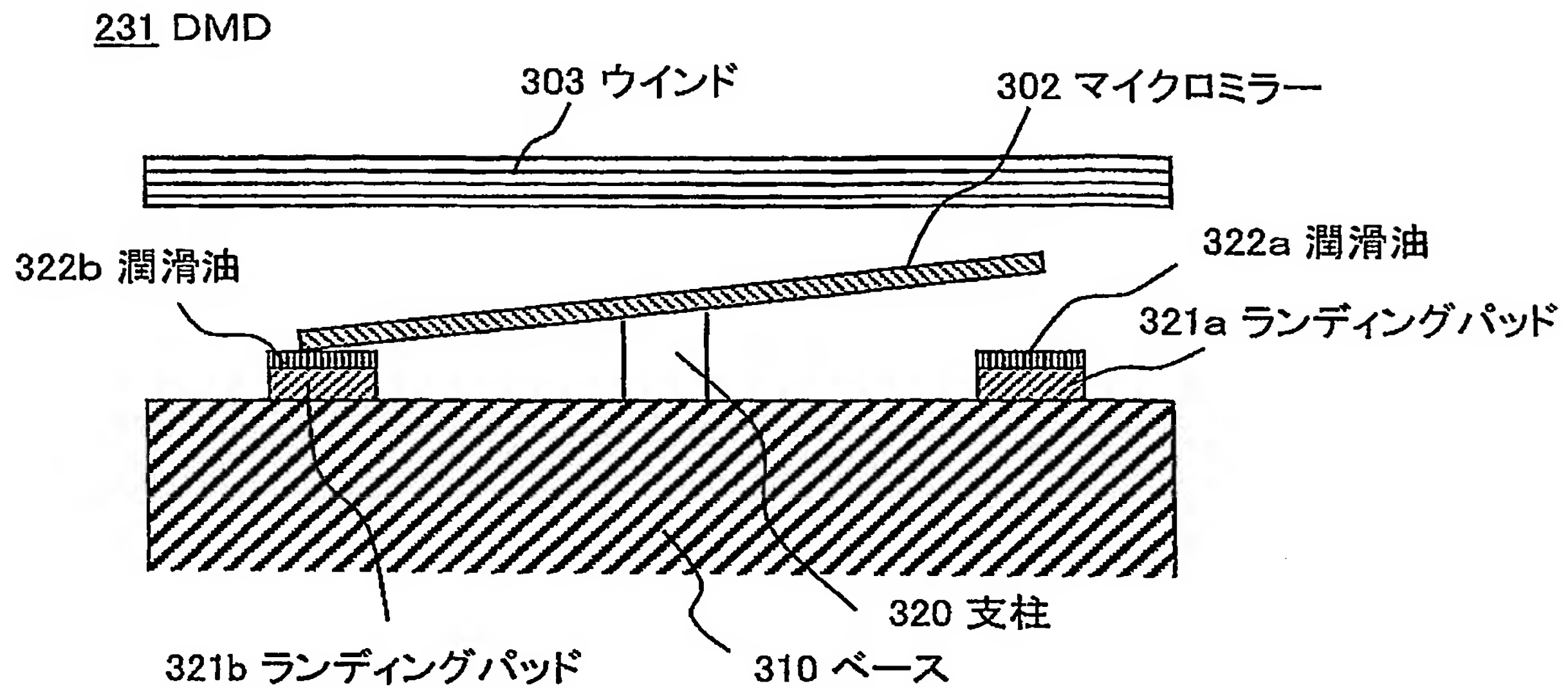
【図 8】

ピンホール板233の製作手法の説明図



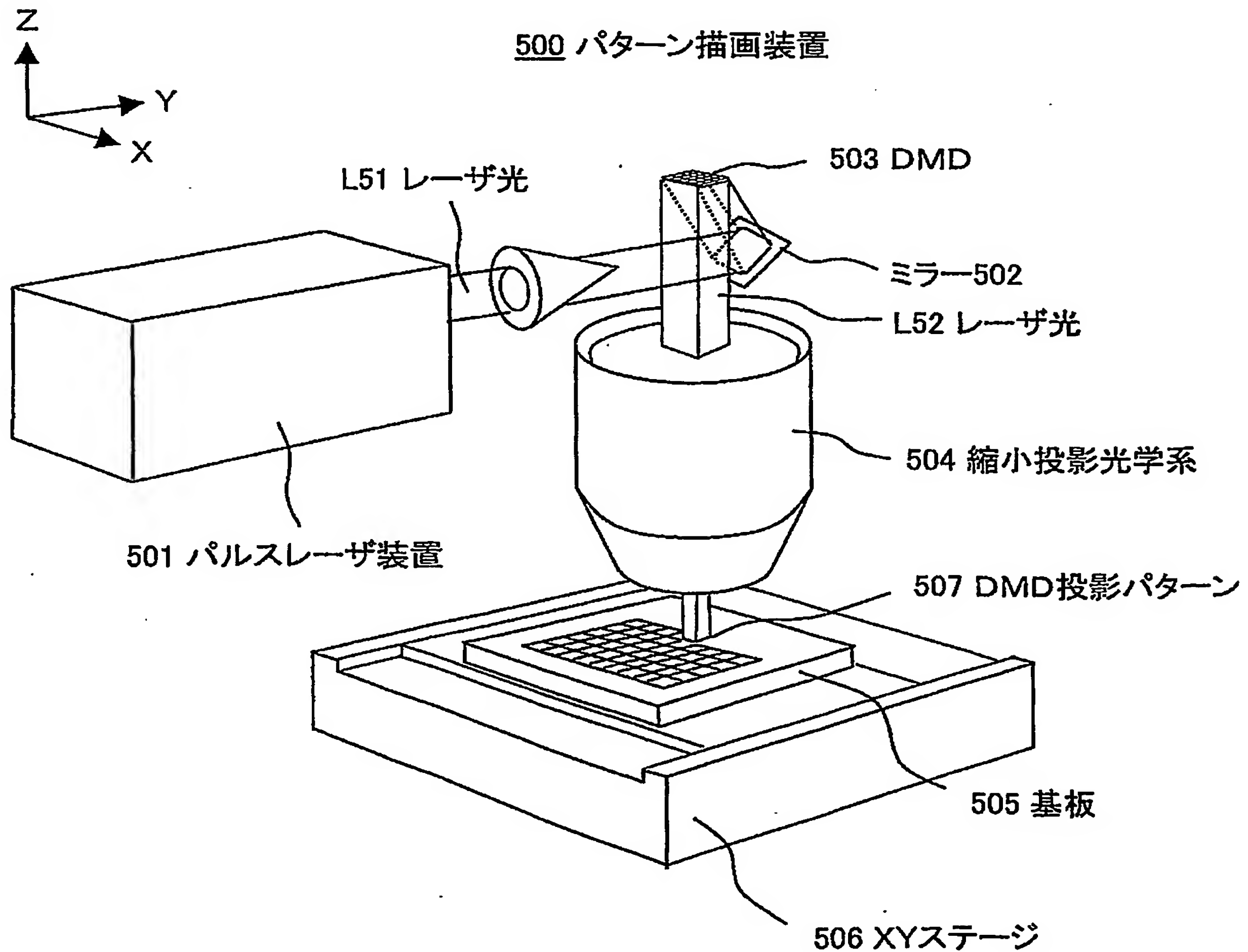
【図 9】

DMDの構造の断面図



【図 10】

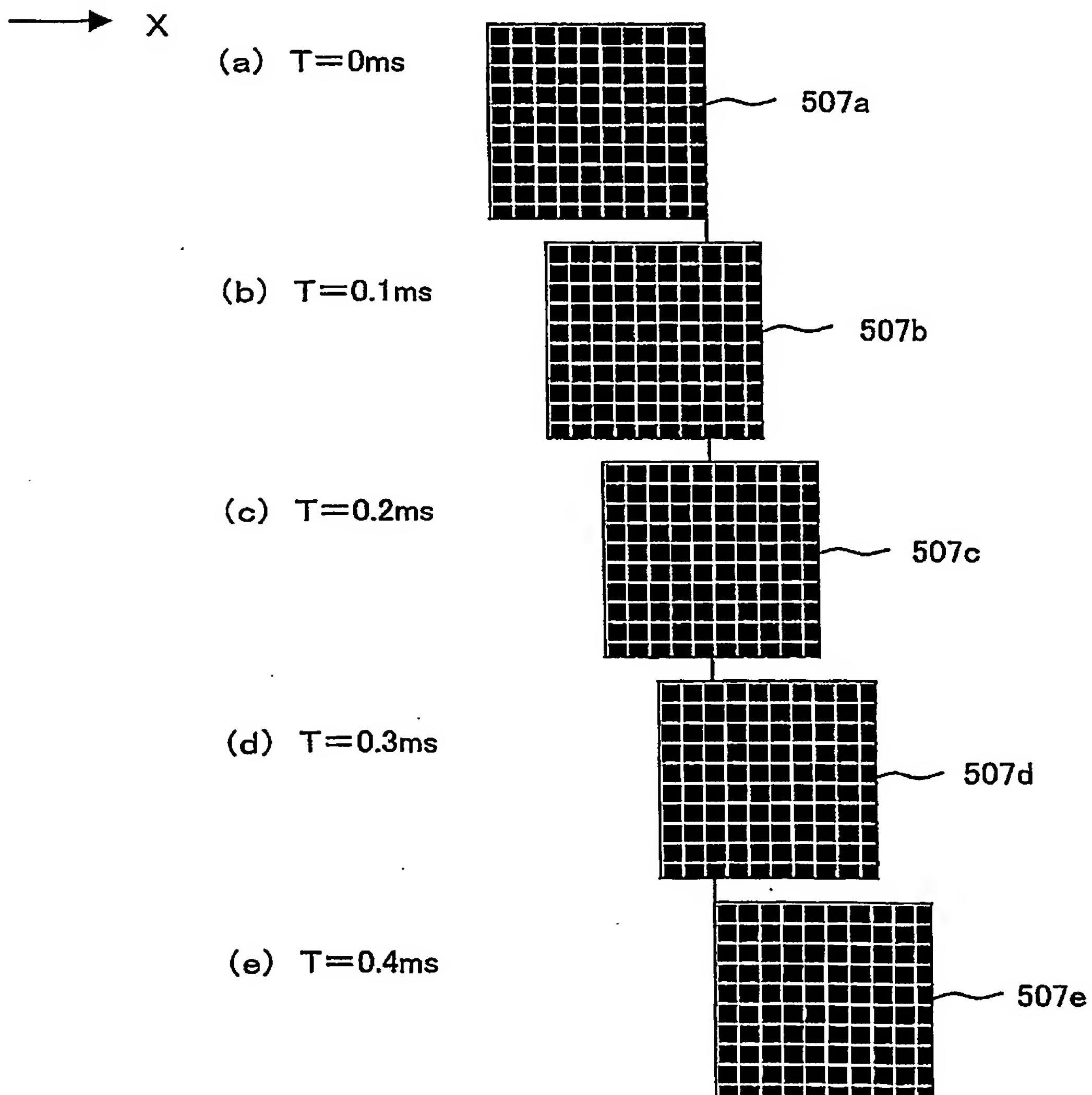
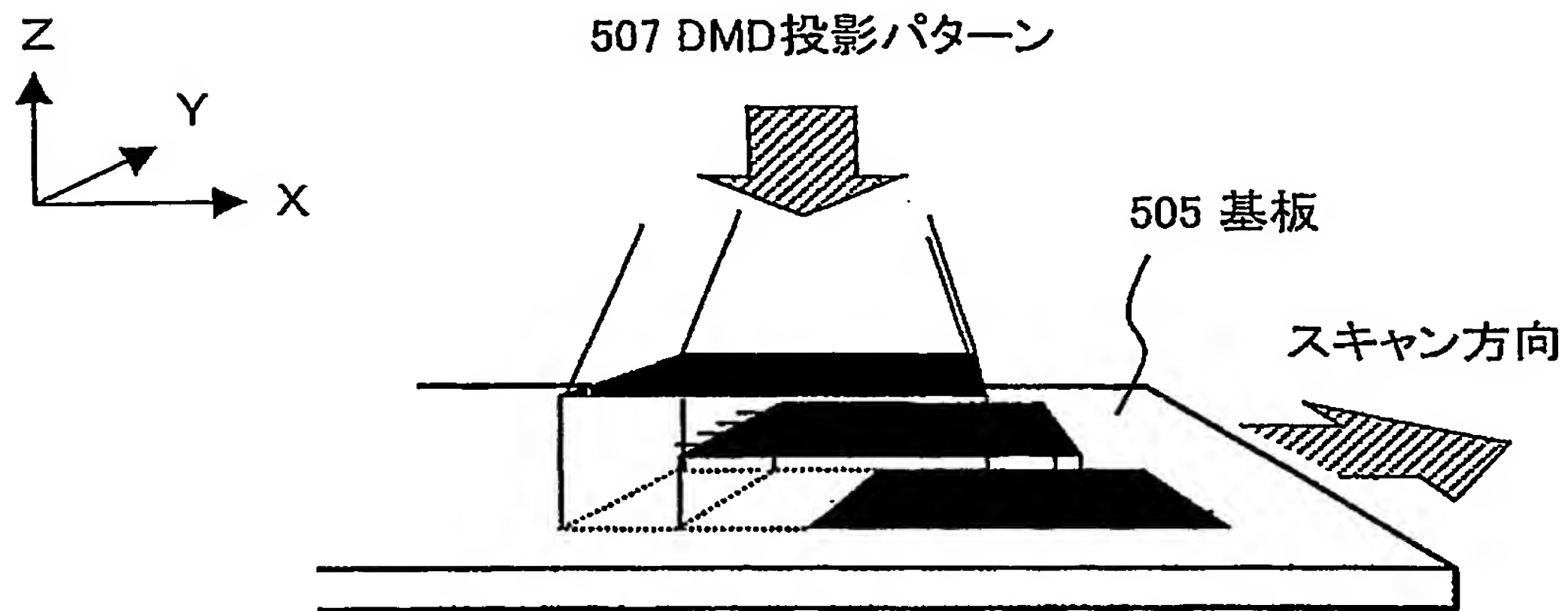
パターン描画装置500の構成図





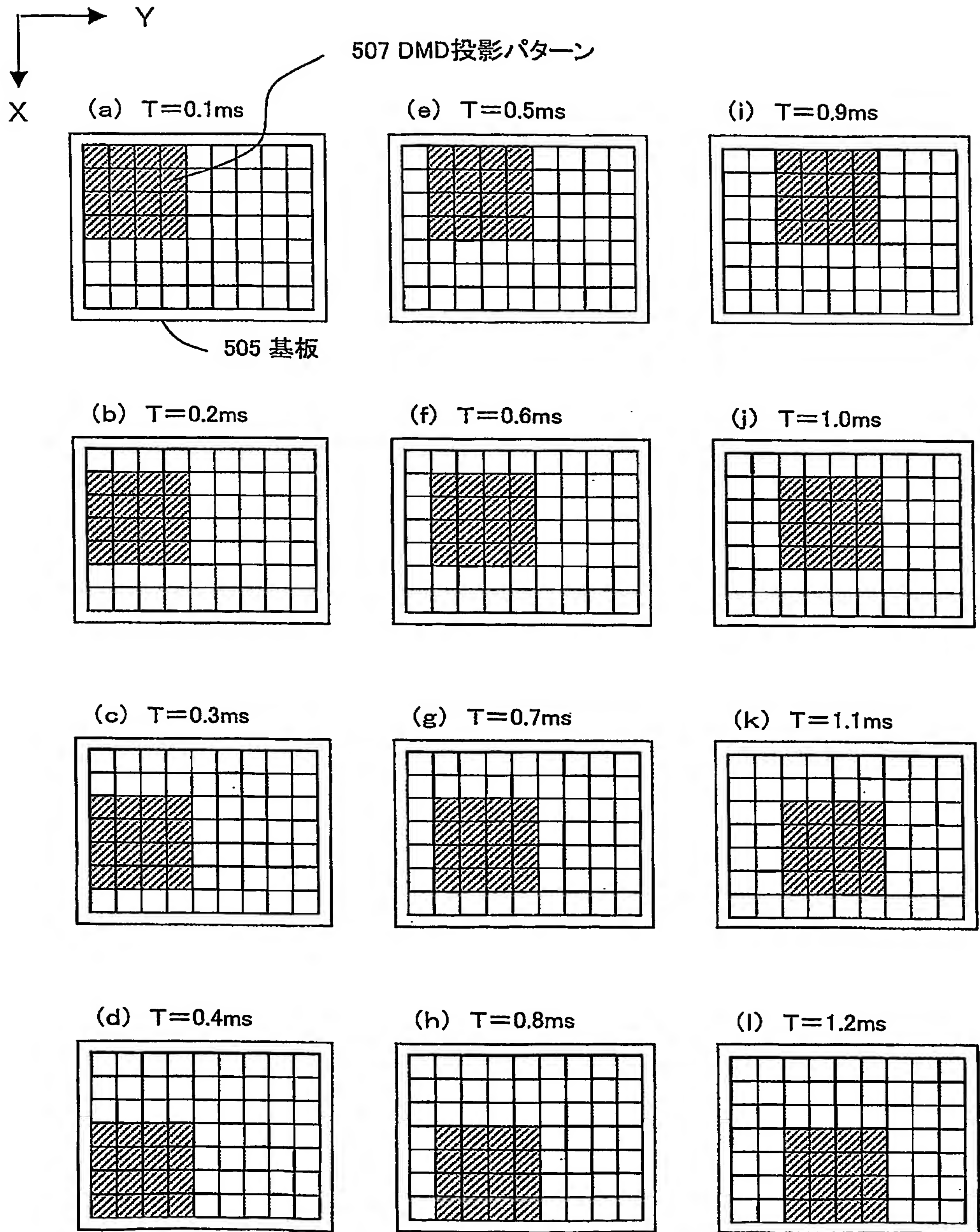
【図 11】

## オーバーラップ転写によるグレースケールの説明図



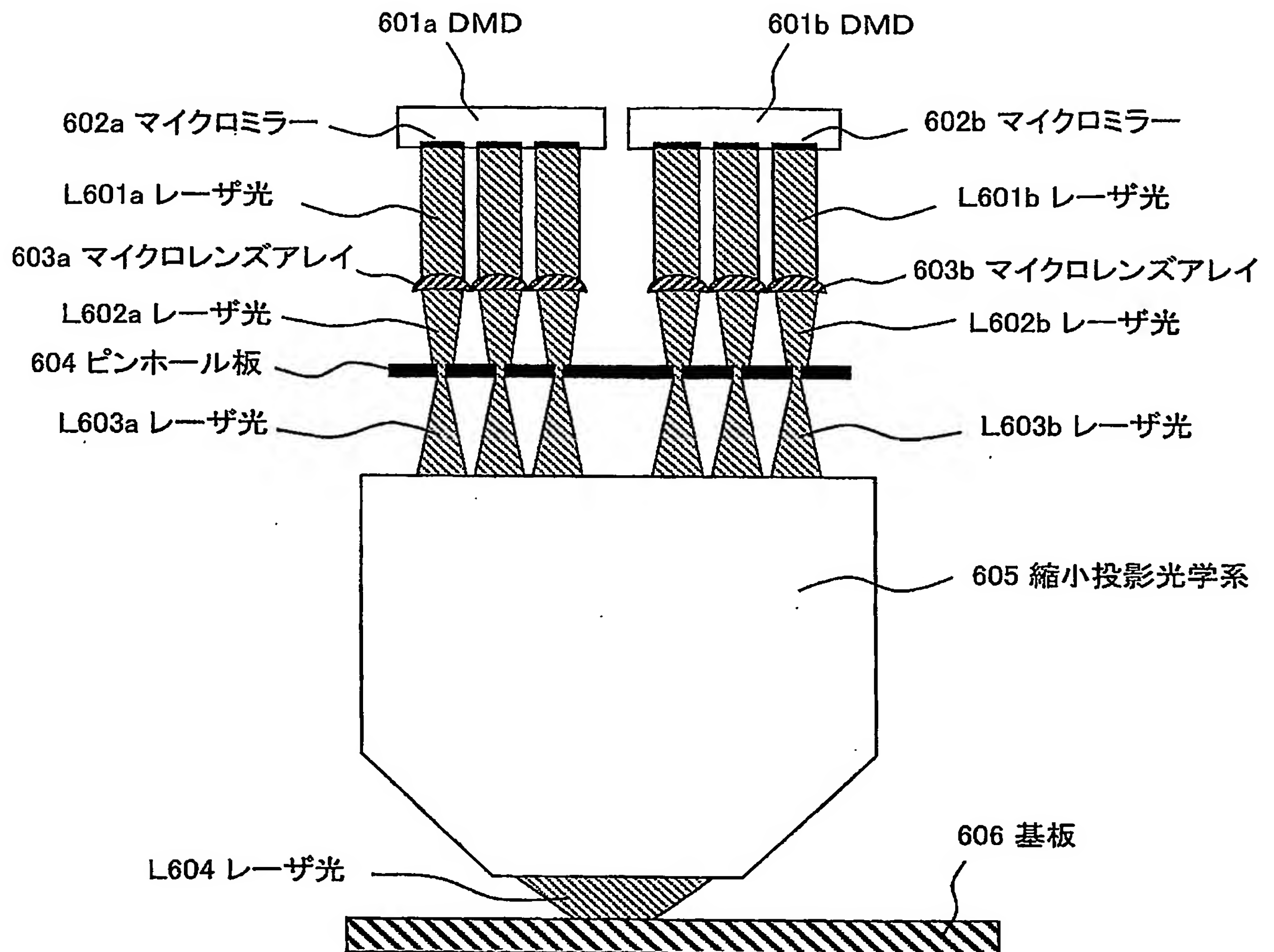
【図 12】

本発明におけるグレースケールの説明図



【図 13】

## パターン描画装置600



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の第一の目的は、スキャン型露光機を用いても均一な繋ぎ合わせ露光ができるマスクリピータを提供することである。

【解決手段】 従来のマスクリピータでは、スキャン型露光装置を利用すると、スキャン方向で繋ぎ合わせ露光が良好にできなかったが、本発明のマスクリピータ 1 0 0 では、スキャン方向に長いストロークを有するマスクステージ 1 0 1 と X Y ステージ 1 0 6 を用いるため、スキャン方向で繋ぎ合わせ露光が不要になった。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 3 6 3 4 6 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 0 5 0 4 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋 2 - 1 - 1 7 - 3 0 1

氏 名

大見 忠弘